

# SBR 生物池鼓风机自动曝气控制系统改造

韩春荣, 王爽, 程秋音, 张利军  
(北京城市排水集团有限责任公司, 北京 100044)

**摘要:** 某再生水厂利用离心鼓风机为 SBR 生物池提供曝气, 由于历史原因, 原自动曝气控制系统无法使用。通过改变控制策略、优化鼓风机设置、更新控制仪表等改造工作, 实现了鼓风机自动曝气功能。改造完成后, 自动曝气控制系统运行稳定, 鼓风机可以根据 SBR 生物池溶解氧设定值自动调节进出口导叶开度和开启台数, 进而调节曝气量, 实现 SBR 生物池 DO 可控, 为脱氮除磷等精细化工工艺调控提供技术支持。与鼓风机手动运行比较, 在进水水量和水质相当、出水水质达标条件下, 自动曝气时鼓风机耗电量可节约 10% 左右。

**关键词:** 离心鼓风机; SBR; 自动曝气控制系统; 节能降耗

**中图分类号:** TU992 **文献标识码:** C **文章编号:** 1000-4602(2018)24-0087-04

## Renovation of Automatic Aeration Control System for SBR Biological Tank Blower

HAN Chun-rong, WANG Shuang, CHENG Qiu-yin, ZHANG Li-jun  
(Beijing Drainage Group Co. Ltd., Beijing 100044, China)

**Abstract:** Centrifugal blower was used to provide aeration for the SBR biological tank in a reclaimed water plant. Due to historical reasons, the original automatic aeration system could not be used. By changing the control strategy, optimizing the setting of blower, updating the control instrument and so on, the automatic aeration function of blower could be used. After the renovation, the automatic aeration system operated stably, and the blower could adjust the inlet and outlet guide vanes automatically according to the set value of DO in SBR biological tank, and then adjust the aeration amount. Consequently, the DO in SBR biological tank could be controlled, which provided technical support for the refined control of nitrogen and phosphorus removal. Compared with the manual operation of the blower, the power consumption of the blower could be saved by about 10% with equivalent influent water quantity and quality to guarantee the up-to-standard effluent water quality.

**Key words:** centrifugal blower; SBR; automatic aeration control system; energy saving and consumption reduction

### 1 改造背景及工艺说明

某再生水厂总处理规模为  $8 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ , 污水处理采用 SBR 工艺, 再生水一期采用砂滤池, 处理规模均为  $4 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ , 提标改造后再生水二期处理规模也为  $4 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ , 采用两级生物滤池 + 滤布滤池 + 臭氧接触氧化工艺。进厂污水全部经过再生水工

艺处理后排放至市政管网。污水处理部分于 2003 年 6 月建成通水, 再生水一期和二期分别于 2006 年和 2012 年建成通水。SBR 生物池共有 4 组反应池, 单组净尺寸 ( $L \times B \times H$ ) =  $53 \text{ m} \times 28 \text{ m} \times 6 \text{ m}$ , 设置有选择区和反应区, 最大有效水深 5.5 m。每组分成两座小池, 对称分布, 由进水渠道隔开, 进水渠道内

污水经闸门进入池内。SBR生物池运行周期总长为240 min,分3个阶段:第一阶段进水、曝气同时进行,时长120 min;第二阶段沉淀,时长60 min;第三

阶段撇水,时长60 min。4组生物池连续运行,工艺时段交替变化,实现连续进水、出水。

全厂工艺流程见图1。

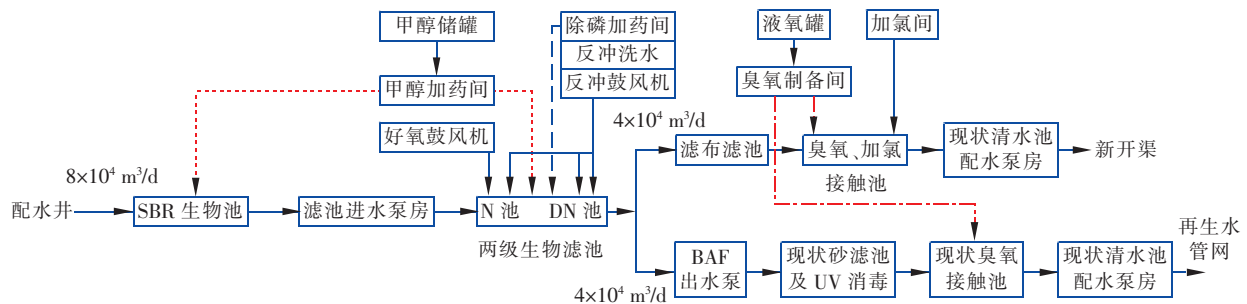


图1 全厂工艺流程

Fig. 1 Process flow chart of the whole plant

根据生产数据统计,污水处理单元的日进水量和水质负荷变化较大,全年进水量变化范围为 $(5.81 \sim 8.52) \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ ;全年主要进水量水质指标变化情况:COD为234~1320 mg/L、氨氮为16.1~85.9 mg/L。污水收集上游还发现有偷排粪便污水及含油废水情况。

升级改造完成后,再生水单元以SBR池出水作为进水水源,为缓解再生水工艺处理压力,确保出水水质达标,要求SBR池出水水质指标满足 $\text{TN} \leq 35 \text{ mg/L}$ 、 $\text{TP} \leq 1 \text{ mg/L}$ 的条件。SBR生物池要克服进水量、水质波动严重问题,达到出水水质指标要求,同时又要控制鼓风机电耗,可见污水厂面临的形势十分严峻。如果鼓风机可以根据生物池DO自动调整曝气量,实现按需曝气,不仅能缓解进水量、水质冲击,并且由于进水、搅拌阶段发生的缺氧反硝化和曝气阶段发生的SND作用是SBR和SBMBBR脱氮的主要途径,而通过两种途径实现TN去除的程度和搅拌阶段及好氧阶段的DO有直接关系<sup>[1]</sup>,因此实现SBR生物池DO可控,可为生物脱氮除磷探索和研究提供技术支持。污水处理消耗大量能源,再生水厂将采用更高效智能化控制技术,安装高精度传感设备,以降低不必要的能源消耗<sup>[2]</sup>,自控曝气控制系统改造完成后,还会在再生水厂能源节约方面作出贡献。

## 2 SBR工艺自动曝气控制系统

4组SBR生物池配置有5台HV-TURBO KA5SV离心鼓风机。曝气分配方式如下:J-BM1、J-BM2鼓风机为第一组和第二组生物池轮流提供曝气,J-BM4、J-BM5鼓风机为第三组和第四组生

物池轮流提供曝气,J-BM3鼓风机为备用设备。当运行中的鼓风机出现故障,系统会自动将备用风机投入运行,直至系统检测到故障风机状态恢复正常,备用风机自动退出运行。

在鼓风机控制系统中,每台鼓风机配置有1台就地控制柜(LCP),另外设置有1台主控制柜(MCP),LCP控制柜实现单台鼓风机的就地启停、导叶开度调节和远程就地切换以及其他一些指示功能;当鼓风机切换至远程状态,投入自动运行时,MCP控制柜接收来自外部的控制指令,通过调节鼓风机的开度和启动台数实现曝气量自动控制功能。

由于建厂较早,自动曝气控制系统设备、仪表配置相对简单,5台鼓风机出气连接至主管道,然后分为两个主干管,曝气干管又分为曝气支管,连接池底的曝气膜片为生物池提供曝气。曝气主干管路上安装两台热式质量流量计,每个小生物池内安装有DO仪表、氨氮仪表、液位计和污泥浓度计。在去往每组生物池的曝气管路上安装有电动蝶阀,通过4个阀门的开关切换实现生物池间曝气切换。该阀门可以实现自动控制,但是无法调节开度,同时该电动阀的开到位信号是鼓风机启动的前提条件之一。第三号鼓风机两侧安装有电动调节阀,用于控制三号鼓风机的气流方向。另外,在生物池反应区设置3处进气手动调节阀,用来调整同组内两个小池的曝气量。

曝气系统管线及设备分布如图2所示。鼓风机自动曝气控制系统主要由鼓风机LCP控制站、MCP控制站和生物池控制站及相关的阀门、仪表组成(见图3)。

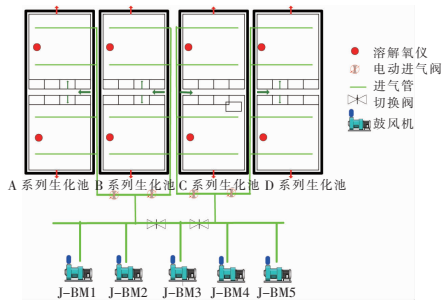


图 2 自动曝气控制系统管线及设备分布

Fig. 2 Distribution of pipeline and equipment for automatic aeration control system

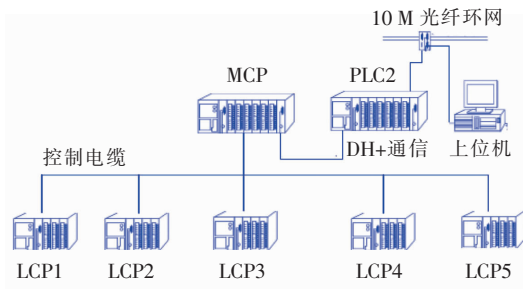


图 3 控制系统结构

Fig. 3 Control system structure

### 3 存在的问题及优化改造

在现有自控条件下将鼓风机投入自动运行,鼓风机频繁喘振,无法实现 DO 控制功能。

结合 SBR 池工艺运行特点,对自动曝气控制系统故障现象进行分析,得出现有控制系统不能稳定运行的可能原因有 3 个:第一,进水与曝气同时进行,新进污水溶解氧变化和 DO 仪表安装在池体中部而池体进水在池体一侧等,造成实际 DO 测量值不易稳定,变化趋势复杂,鼓风机调节控制指令混乱;第二,鼓风机已使用近 10 年,部分机械性能可能发生改变,控制参数需要调整;第三,生物池 DO 仪表的测量准确性需要进一步核实。

基于节能降耗和 SBR 池工艺调控精细化等原则,对现有鼓风机自动曝气控制系统进行优化改造,实现生物池按需曝气势在必行。该优化改造过程要在确保现有处理水量和出水水质的条件下开展,不宜进行管路大改造。鼓风机曝气自动控制系统优化改造的关键是采取有效措施降低鼓风机调节频次和调节幅度,提高其工作稳定性,减少喘振现象的发生。优化改造内容主要包含调整鼓风机-溶解氧控制策略、修改控制参数、更新 DO 仪表等。

### 3.1 调整鼓风机-溶解氧控制策略

#### 3.1.1 取消溶解氧趋势预判功能

由于新进污水溶解氧变化和 DO 仪表安装在池体中部而池体进水在池体一侧等,造成实际 DO 测量值不易稳定,变化趋势复杂,导致鼓风机的控制信号频繁变化,然而鼓风机的调节响应速度滞后于控制指令的变化,造成鼓风机进出口导叶频繁调节,鼓风机一直在调整,很难稳定运行。生物池溶解氧实际值与设定值偏离较大,跟随效果不明显,经综合考虑决定取消该功能。

#### 3.1.2 改善 PID 模块数据输入质量

改善 PID 模块的数据输入质量主要是指在可接受的范围内,通过技术手段对溶解氧设定值和实际值进行处理,增强数据的可用性。增加溶解氧实际值设定阈值控制功能,当溶解氧实际值在设定的阈值内时, PID 模块不输出控制指令,鼓风机保持现有状态,只有溶解氧实际值超过该范围时, PID 模块才输出控制指令,调整鼓风机状态;增加溶解氧实际值滑动平均值计算功能,将溶解氧实际值取平均值后,再以特定周期做累加平均化处理,然后作为 PID 控制模块的输入。这样做使溶解氧实际值变化趋于平缓,一方面可以减少调节指令发出频次,另一方面可以提高指令输出质量。

### 3.2 修改鼓风机控制系统参数

原有鼓风机 LCP 控制系统参数设定不满足自动曝气需求,通过修改鼓风机 PI 控制器参数,使鼓风机导叶调节速度与溶解氧平均值控制指令变化能够匹配。试验发现,系统发出启动第二台鼓风机需求至鼓风机启动需等待约 30 min,此时间过长。经分析,鼓风机执行启动和停止动作取决于该鼓风机 LCP 柜接收到的 MCP 柜发出的脉冲指令数,当脉冲数达到设定值时 LCP 柜才执行启停命令。结合生产实际和溶解氧设定值,通过修改程序,缩短了第二台鼓风机启动和停止等待时间,目前第二台鼓风机启动和停止等待时间为 15 ~ 20 min,使用效果比较好。自建厂以来, SBR 生物池鼓风机使用近 10 年,部分机械性能发生改变,未减少鼓风机负荷,在自动曝气控制系统运行过程中,将鼓风机的出口导叶开度最大值限定在 70%,当出口导叶达到 70% 仍有更多气量需求时,则启动第二台鼓风机。

### 3.3 更新 DO 等控制仪表

鼓风机自动曝气控制系统中的仪表是鼓风机稳

定运行的重要参数来源。由于流量计井进水,一组生物池流量计被淹泡造成损坏,因此对该仪表进行了更新。原生物池溶解氧仪使用时间较长,采用电极法测定原理且为非免维护类型,需要定期清洗和标定,仪表维护工作量大,工作效果不理想,影响自动曝气控制系统运行。经研究,将生物池8块溶解氧仪更新为荧光法测量原理仪表,该类型表免维护,工作稳定,使用效果良好。通过完善控制系统仪表管理制度、开展人员培训等工作,确保该系统仪表控制系统工作稳定。

SBR生物池鼓风机自动曝气控制优化改造项目于2014年2月完成,并投入试运行。通过不断摸索溶解氧设定值和实际值、鼓风机开启情况、出水水质等相关参数间的规律,总结试验数据,采用单参数调节等方法不断对系统运行进行优化,最终形成了一套既能稳定运行,出水水质达标,节能降耗效果又明显的控制参数设定体系,鼓风机喘振现象也明显减少。改造后的自动曝气控制系统实现了鼓风机自动控制,避免了进水负荷较低时段曝气量过大和进水负荷高峰时段曝气量不足的问题;实现SBR生物池DO可控,为脱氮除磷等精细化工艺调控提供技术支撑;克服了进水水量和水质波动的困难,自动调节曝气量,实现出水水质实时达标;最后也是最重要的一点,鼓风机能耗明显降低,经72h试运行数据分析结果显示,鼓风机自动运行时耗电量较手动运行时减少10%左右,但不能与其他精确化曝气系统<sup>[3]</sup>相提并论。

#### 4 结论

通过对SBR鼓风机自动曝气系统进行相关改造,实现了可观的节能效果,但是由于SBR工艺运行特点,自动曝气系统需要克服水位变化和DO值迟滞等不利条件,比A<sup>2</sup>O等恒液位工艺鼓风机自动曝气控制系统调控难度更大;另外,由于该项目中每组SBR生物池进气阀门为非调节型电动阀、各主曝气支管未安装流量及压力检测装置、曝气管路未形成通路等因素,该厂自动曝气控制系统的节能降耗效果不能与其他精确化曝气系统相提并论。

#### 参考文献:

- [1] 郭海燕,郭祯,柳志刚,等. 不同曝气强度下SBMBBR和SBR脱氮除磷性能对比研究[J]. 环境科学学报, 2012,32(3):568-576.  
Guo Hanyan, Guo Zhen, Liu Zhigang, *et al.* Characteristics of nitrogen and phosphorus removal in SBR and SBMBBR with different aeration rates [J]. *Acta Scientiae Circumstantiae*, 2012, 32(3): 568-576 (in Chinese).
- [2] 郝晓地,孟祥挺,付昆明. 新加坡再生水厂能耗目标及其技术发展方向[J]. 中国给水排水, 2014, 30(24): 7-11.  
Hao Xiaodi, Meng Xiangting, Fu Kunming. Targeted energy consumption and associated technologies developed in water reclamation plants in Singapore [J]. *China Water & Wastewater*, 2014, 30(24): 7-11 (in Chinese).
- [3] 张荣兵,鲍海鹏,白雪,等. AVS系统在A<sup>2</sup>/O工艺稳定运行及节能优化中的应用[J]. 中国给水排水, 2012, 28(12): 71-74.  
Zhang Rongbing, Bao Haipeng, Bai Xue, *et al.* Application of aeration volume control system to stable operation and energy saving optimization of A<sup>2</sup>/O process [J]. *China Water & Wastewater*, 2012, 28(12): 71-74 (in Chinese).



作者简介:韩春荣(1982-),女,北京人,硕士,高级工程师,从事污水处理控制系统研究。

E-mail:476804192@qq.com

收稿日期:2018-07-16